

聴導犬ロボット AcToR における緊急情報伝達のための接触動作設計

Touching-Behavior Design for Urgent Notification using Hearing-dog Robot AcToR

古橋道彦^{1*} 中村剛士¹ 加納政芳² 山田晃嗣³
Michihiko Furuhashi¹ Tsuyoshi Nakamura¹ Masayoshi Kanoh² Koji Yamada³

¹ 名古屋工業大学

¹ Nagoya Institute of Technology

² 中京大学

² Chukyo University

³ 情報科学芸術大学院大学

³ Institute of Advanced Media Arts and Sciences

Abstract: A proposed robot, which was inspired by the behavior of hearing dogs, aims to assist hearing-impaired people by alerting them to urgent or emergent sounds. Hearing dogs use body contact to communicate with hearing-impaired people. The proposed robot also uses physical contact to notify urgency like a hearing dog's touching behavior. We conducted an experiment to design a simple approach for physical contact through the robot's touching behavior. The experiment recruited hearing-impaired participants to evaluate effectiveness of the touching behavior. The results indicated that it was better for the touching period to be shorter. After the experiment we received a lot of comments that the participants took favorite views of the robot's functionality.

1 はじめに

身体的接触やジェスチャー、表情などの非言語コミュニケーションは、言語コミュニケーションを補ったり、時には言語よりも強く意思を伝えられることがある。身体接触によるコミュニケーションもその1つであり、握手、抱擁、背後から肩を叩く、横から肘で小突く、頭を撫でるといった振舞によって、人は周りの人たちと様々な形で身体的接触によるコミュニケーションを行っている。これにより、人々は様々な意図や意思の伝達をすることができる。

人の暮らす社会において、身体接触コミュニケーションの恩恵を積極的に活用した例として、聴導犬 [4, 5, 14] が挙げられる。聴導犬とは、聴覚障がい者の生活を安全で安心できるものにするために、生活に必要な音の情報を身体接触で教え、音源に導く働きを持つ犬である。聴導犬は、例えば、目覚まし時計、インターホン、やかんの沸騰、赤ちゃんの泣き声、火災報知器等、日常生活において重要な情報伝達を担う。このように、聴

覚障がい者への生活支援として、非常に大きな役割を果たす聴導犬であるが、現在の実働頭数は少なく、聴覚障がい者人口に比べ圧倒的に少ない。これは、育成の難しさや育成資金の問題等が原因である。また、生活環境により動物が飼えない状況や、アレルギー等の問題もあり、聴導犬を欲しいと考えたとしても飼えないケースが少なからず存在する。

そこで、本研究では、聴導犬をモデルとし、生活上重要な音情報を身体接触を行うことで伝達するロボットを提案する。聴導犬の特徴は、身体性を利用した接触を有効に利用した情報伝達にあり、また、当然ながら、犬は四脚歩行による移動が出来るため、人が離れている場所においても、人の居る場所まで移動し情報伝達することができるという特徴がある。今回開発するロボットのベースは、iRobot社製の掃除ロボット Roomba または Roomba に類似したロボット Kobuki である。Roomba, Kobuki ともに車輪による移動機構があり、バンパーの接触センサによる接触判定が可能である。このことから、聴導犬の接触による情報伝達機能を実現するための最低限必要な仕様を備えており、プロトタイプの開発に適していると考えられる。

*連絡先：名古屋工業大学大学院 工学研究科 情報工学専攻
〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町
E-mail: furuhashi@ai.nitech.ac.jp, tnaka@nittech.ac.jp

このように、「ロボットの身体接触を用いた、生活音情報伝達」を実現する上で、本研究では特に、緊急な情報（避難警報や警報機・報知機からのアラームなど）をいち早く確実に伝達することの重要性に注目する。緊急な情報が通知されていることに気付かず、反応が遅れてしまうことの危険性は容易に想像できる。現在、情報伝達のための機器として、スマートフォンやウェアラブル端末等、音や光、振動で伝達するものが存在するが、これだけでは、緊急情報伝達のためには不十分である。例えば、睡眠時には携帯端末の振動は弱く気付きにくい。睡眠時でなくとも身体に直接当たる位置に携帯端末を置いておくとおいてしまうといった問題があることを、事前調査において、複数の聴覚障がい者の方々から所見を得ている。当然ながら、目を閉じた状態や携帯端末が視野に入っていない場合は、光など視覚に訴える情報伝達はあまり効果的でなく、音による伝達は言及すべくもない。また、ウェアラブル端末については、バッテリーの問題や、緊急情報への対応には常に身に付けていなければならないという装着の煩わしさ等、様々な問題がある。

本研究において提案するロボットは、携帯端末等よりも大きく重いこともあり、携帯端末による振動よりもより強い力学的作用で情報伝達を行うことができる。また、ユーザーはロボットを身に付ける必要がなく、さらには、自動でバッテリー充電も行うため、ロボットの状態を気にする必要がない。

しかしながら、その一方、ロボットが人を発見し、人に近づき、人に接触して情報伝達をするためには、解決しなければならない多くの課題があることも事実である。本稿では、解決すべき多くの課題の中でも、研究の根幹を成すコンセプトの基礎的検討として「人はロボットのどのような接触方法に、緊急性を感じるか」に注目し、聴覚障がい者の協力の下で行った実験結果について議論する。先行研究 [17] では、人がロボットの接触を知覚できることが示された。その上で、仮に、接触方法の差異によって異なる情報の伝達が可能とすれば、人は接触という刺激から情報を直接獲得し、その情報に応じた行動に迅速に移行することができる。ロボットにモニタを搭載し、接触刺激を受けた後、モニタに示す情報を視覚的に確認する方法も考えられるが、視覚的確認を伴う分、情報の獲得やその後の行動に遅れが生じる。また、モニタを搭載するコストやロボットの重量・サイズが増加する。今回、特に、緊急性を備えた情報伝達において、行動までのプロセスは短い方が望ましいと考え、ロボットの接触方法の設計について、実験結果を踏まえ検討する。

2 関連研究

人と犬の間のインタラクションは、人とロボットの間のインタラクション・デザインの参考になるとされる報告がある [2, 12]。Koay ら [9] は、聴導犬の人の視覚に訴える振舞に注目し、視覚情報を用いて、人とコミュニケーションをとるロボットを提案している。古橋ら [3] は、聴導犬ロボットの開発に向け、身体接触における人の心理的印象を調査している。しかし、この報告は、健聴者にのみ行った実験であり、本稿で注目する緊急性に関しては議論していない。

ロボットは、実世界に物理的に存在している点において、仮想環境の CG で表現されたエージェントとは大きく異なる。実体を持つロボットと仮想的なエージェントを直接比較した実験や調査はいくつか存在し、実体を持つことの効果や人への心理的影響について議論が行われている [7, 8, 10, 11]。人とロボットのコミュニケーションにおいて、ロボットの能動的な身体接触という観点での関連研究としては、中川ら [13] が、ロボットから人に対しタスク実施要求をする際、身体接触の有無が人のモチベーションを変化させ得るとの報告をしている。このことは、身体接触が人とロボットの間においても有効なコミュニケーション手段であることを示唆している。また、Chen ら [1] は、看護師ロボットを開発し、人に接触する際の接触時の声掛けとロボットからの接触に対する人の反応に関する調査を行っている。これらは、ロボットからの接触を人とのインタフェースの 1 つに採用している点においては、本研究と同様である。しかしながら、本研究では、ロボットの接触を第一の情報伝達手段と考えており、これらとは目的とその実現手段が大きく異なる。

3 ロボットの設計

3.1 ロボットの構成

本研究で開発するロボットは、Roomba または Kobuki をベースに構成する。図 1 にロボットのシステム構成を示し、図 2 にロボットの外観を示す。Roomba または Kobuki には移動機構が備わっており、また、接触を前提としたバンパーが本体に装着されているため、接触の衝撃を吸収でき、接触/非接触の判定もバンパーの接触センサで容易に可能である。制御は、USB 接続した外部 PC から行う。以下このロボットを AcToR (Active Touch-communication Robot) と呼ぶ。現在構成している AcToR はプロトタイプであり、Microsoft Kinect や Sound Watcher [15] が接続される。

本研究で実現している AcToR の機能としては、AcToR はまず Sound Watcher により伝達すべき音情報を検知し、Microsoft Kinect から得られる映像・深度

情報を用いてユーザを探索する。ユーザを発見した後、ユーザに直接、または、ユーザが着座している椅子などに接触し、直接/間接的に力学的作用を与え、音情報を伝達する。

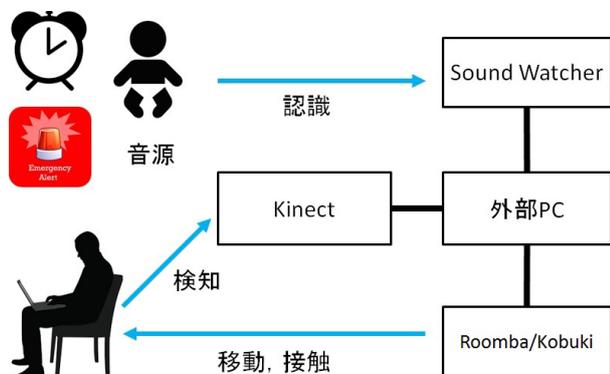


図 1: システム構成



図 2: ロボットの外観

3.2 リサーチクエスト

人と聴導犬間の情報伝達プロトコルは、接触によって伝える点では一律であるが、具体的な伝達方法は、ユーザと犬の組合せと双方の訓練によって獲得される。例えば、接触する人または犬の身体部位や接触の方法は、ユーザと犬の組合せごとに異なり、同一なもの存在しない。そのため、聴導犬が接触によって情報伝達する点は参考にできるが、それ以外は現状参考にすることが容易でない。他方、人と人の中で身体接触によって緊急な情報伝達をする場合、例えば、背後から肩を叩いて伝える時、強く短い時間間隔で肩を叩くことが一例として想像される。このことから、我々は、強く短い時間間隔の身体接触が、緊急性伝達に有効に作用するのではと考える。

AcToRのベースは、RoombaまたはKobukiであり、制御システムは2つの車輪制御のみのシンプルなものであること

であることから、単純な接触動作を設計することは可能である。このような単純な機構のロボットで設計した動作によって、緊急性を伝達できるならば、その成果をより複雑な機構のロボットに反映することは難しくない。今回採用するロボットについては、ロボットを前後に移動させる程度のシンプルな制御で接触時間間隔を変化させることはできる。そこで、本稿では、ロボットがユーザに接触する時間間隔に着目し、以下のようなリサーチクエストを設定する。

RQ: 聴覚障がい者は、ロボットのどのような接触時間間隔に緊急性を感じるか？

4 実験

4.1 実験方法

本実験では、19～56歳の聴覚障がい者17名(男性6名、女性11名)が実験に参加した。実験デザインとして、ここでは、人が着座した椅子へ後方からAcToRが接触するものとした。直接、人の足に接触させることも可能であるが、安全性の面からこのような実験デザインとした。なお、椅子を介した間接的な接触でも、人は接触の知覚が可能であることを事前実験で確認している。被験者は、コントローラを握りながら椅子に座り、その後方からAcToRが接触した。今回注目する接触時間間隔は0.5秒、1秒、2秒、4秒の4条件である。実験開始前に、被験者は、本実験の趣旨を全て伝えられた。また、被験者は、4条件の時間間隔における接触のうち、最も短い間隔(0.5秒)と最も長い間隔(4秒)を実際に体験し、ロボットの動作性能について本実験前に確認をした。その上で、接触実験として、0.5秒、1秒、2秒、4秒の4条件の接触を、順不同に受けた。被験者は、各条件の接触を受け、その接触に緊急性を感じた時点で握っているコントローラのボタンを押すものとし、ボタンを押すまでの時間を計測した。なお、緊急性を感じなければ、被験者はボタンを押す必要はなく、接触動作はボタンが押下されなければ30秒で停止する。4条件全てに対してこの作業を実施し、これを1セットとして、合計2セット実施した。

被験者は、各条件の接触終了直後に緊急性を調査する以下の質問に回答した。質問項目を以下に示す。

1. ロボットがあなたにあわてて何かを伝えているように感じましたか？
2. ロボットがあなたにすぐに知ってもらいたい用事を伝えているように感じましたか？
3. ロボットがあなたに急いで何かを伝えているように感じましたか？

4. ロボットがあなたに重要な用事を伝えているように感じましたか？
5. ロボットがあなたに大切な用事を伝えているように感じましたか？
6. ロボットがあなたにどうしても伝えたい用事を伝えているように感じましたか？

被験者は、これらに対し「全く感じない」、「感じない」、「あまり感じない」、「どちらともいえない」、「やや感じた」、「感じた」、「強く感じた」の7段階評価で回答するものとした。ここで、「全く感じない」ならば1、「感じない」ならば2、「あまり感じない」ならば3、「どちらともいえない」ならば4、「やや感じた」ならば5、「感じた」ならば6、「強く感じた」ならば7という評点に換算する。それぞれの質問は緊急性を確認するものとなっており、各評点により緊急性を評価する。

4.2 実験結果及び考察

被験者が、AcToRの接触を受けてから緊急性を感じボタンを押すまでの平均時間(以下、平均押下時間)の結果と、各条件においてボタンが押された回数割合(以下、押下率)の結果を図3に示す。青い棒グラフが平均押下時間の結果であり、赤い棒グラフが押下率の結果である。

平均押下時間の結果を見ると、接触時間間隔が短いほど平均押下時間の結果も短くなっている。また、各条件の結果の間の有意傾向を確認するため、Tukey-Kramer法を用いて検定を行った。検定結果を表1に示す。検定結果から、1秒間隔と2秒間隔の結果以外では p 値が0.01よりも低いことが分かる。以上のことから、接触時間間隔が短いほど、より早い段階で緊急性の伝達に成功しているのではないかと考えられる。

押下率の結果からは、接触時間間隔が短いほどボタンを押す比率が高くなっている。0.5秒間隔においては、100%ボタンが押下されている。このことから、接触時間間隔が短いほど、より確実に緊急性の伝達に成功しているのではないかと考えられる。

次に、質問回答の評点から算出した平均点を図4に示す。この結果から、どの質問項目においても、接触時間間隔が短いほど評点が高くなっている。また、各条件のそれぞれの質問の評点間について有意傾向を確認するため、Kruskal-Wallis法により検定を行った。検定結果を表2に示す。検定結果から、2秒間隔と4秒間隔以外では、どの質問項目において、 p 値がかなり低いことが分かる。以上のことから、主観的評価においても、接触時間間隔が短いほど、より緊急性を感じていることが伺える。

以上の結果から、定量的評価においても主観的評価においても、接触時間間隔が短いほど、人はロボットの接触に対し緊急性を感じていると考えられ、我々の仮説は支持されたものと考えられる。

最後に、実験終了後に口頭によって被験者からの得られたコメントを以下に示す。

- 接触時間間隔が短いほど、緊急であると感じた(10名回答)
- 今回の実験における一番短い時間間隔(0.5秒)での接触で、緊急性を伝えるのに十分だと感じた(3名回答)
- 今回の実験よりももっと短い接触時間間隔の方が、緊急性を伝えるのに有効なのではと感じた(2名回答)
- 犬は誰でも飼えるわけではなので、ロボットで聴導犬の機能があるのは嬉しい(1名回答)
- 携帯電話等の振動では弱いので、朝起きられないことがある。そのため、提案ロボットのような機能は必要だと思う(1名回答)

これらの結果から、今回の実験における接触時間間隔の設定でも、概ね緊急性を伝えることができたと考えられるものの、0.5秒間隔よりも短い周期での接触の方がより緊急性を伝えられる可能性があることも示唆される。これに関しては、ロボットの設計として今後検討したいところではあるが、現状の我々が作成したプロトタイプにおいては、0.5秒間隔が制御できる最も短い接触時間間隔である。

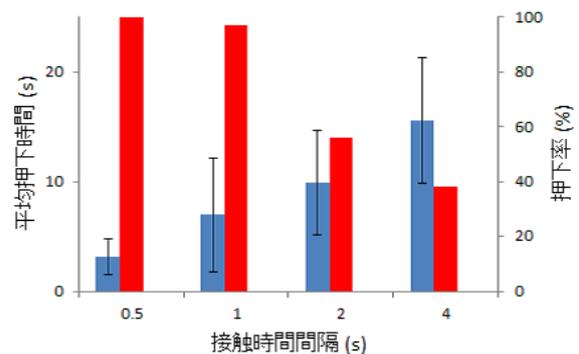


図3: 平均押下時間と押下率

5 おわりに

本研究では、生活上の重要な音の情報について、身体接触を利用し伝達する聴導犬をモデルとしたロボッ

表 1: 平均押下時間の検定

	0.5 秒	1 秒	2 秒	4 秒
0.5 秒	-	0.0025	0.0000	0.0000
1 秒		-	0.0865	0.0000
2 秒			-	0.0023
4 秒				-

表 2: 質問に対する評点の検定

1. あわてて

	0.5 秒	1 秒	2 秒	4 秒
0.5 秒	-	0.0000	0.0000	0.0000
1 秒		-	0.0000	0.0000
2 秒			-	0.1493
4 秒				-

2. すぐに

	0.5 秒	1 秒	2 秒	4 秒
0.5 秒	-	0.0007	0.0000	0.0000
1 秒		-	0.0000	0.0000
2 秒			-	0.0233
4 秒				-

3. 急いで

	0.5 秒	1 秒	2 秒	4 秒
0.5 秒	-	0.0069	0.0000	0.0000
1 秒		-	0.0000	0.0000
2 秒			-	0.7673
4 秒				-

4. 重要な

	0.5 秒	1 秒	2 秒	4 秒
0.5 秒	-	0.0196	0.0000	0.0000
1 秒		-	0.0001	0.0000
2 秒			-	0.1341
4 秒				-

5. 大切な

	0.5 秒	1 秒	2 秒	4 秒
0.5 秒	-	0.0407	0.0000	0.0000
1 秒		-	0.0106	0.0000
2 秒			-	0.4233
4 秒				-

6. どうしても

	0.5 秒	1 秒	2 秒	4 秒
0.5 秒	-	0.0119	0.0000	0.0000
1 秒		-	0.0004	0.0000
2 秒			-	0.7998
4 秒				-

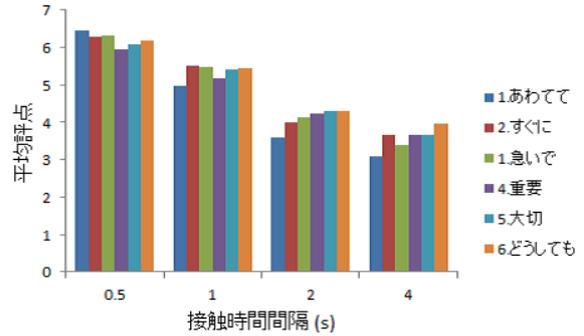


図 4: 質問に対する評点

トを提案した．今回，伝達する情報の中でも，緊急性の高い情報に注目し，どのような接触方法が有効なのかを検証した．シンプルな制御システムで情報伝達を可能にするため，今回は接触する時間間隔のみ注目し，緊急性の伝わりやすい接触時間間隔を実験により検証した．その結果，より短い接触周期ほど，緊急性が伝わりやすいという結果を得た．

本稿では，人が着座した椅子に接触するといったように，間接的な接触において検証を行ったが，身体への直接接触によるコミュニケーションについていくつかの研究報告がある [6, 16]．これらの報告を参考に，今後，本研究においても，ロボットが人に直接接触した場合についての伝達性能や人の主観，安全性について調査を進めていく必要がある．それと同時に，生活音の認識や人の検知，障害物回避のために，ロボットの自己位置推定と環境地図作成 (SLAM) の実現など，ロボットの機能を充実させていく予定である．

謝辞

本研究は JSPS 科研費基盤 (B)15H02768 及び電気通信普及財団の助成を受けたものである．また，本研究を進めるにあたり，ご指導を頂いた名古屋大学の清河幸子准教授に深く感謝致します．

参考文献

- [1] T. L. Chen, C. King, C. C. Kemp, and A.L. Thomaz: An investigation of subjective responses to robot-initiated touch, *In HRI*, pp.457-464 (2011)
- [2] K. Dautenhahn: Robots we like to live with?! - a developmental perspective on a personalized, life-long robot companion, *In ROMAN*. IEEE, pp.17-22 (2004)

- [3] M. Furuhashi, T. Nakamura, M. Kanoh, and K. Yamada: Touch-based Information Transfer from a Robot Modeled on the Hearing Dog, *In FUZZ-IEEE*, # 15277 in DVD (2015)
- [4] C. M. Guest, G. M. Collis, and J. McNicholas: A Longitudinal Study of Social and Psychological Effects on Deaf and Hard-of-Hearing Recipients, *Journal of Deaf Studies and Deaf Education* 11, 2(2006), pp.252-261 (2006)
- [5] L. A. Hartcorrespondence, R.L. Zasloff, and A. M. Benfatto: The socializing role of hearing dogs. *Applied Animal Behaviour Science* 47, 1-2(1996), pp.7-15 (1996)
- [6] A. Ion, E. Wang, and P. Baudisch: Dragging a Physical Tactor across the User's Skin Produces a Stronger Tactile Stimulus than Vibrotactile, *In CHI*, pp.2501-2504 (2015)
- [7] C. D. Kidd and C. Breazeal: Effect of a robot on user perceptions, *In IROS*, pp.3559-3564 (2004)
- [8] S. Kiesler, A. Powers, S. R. Fussell, and C. Torrey: Anthropomorphic interactions with a robot and robot-like agent, *Social Cognition* 26, 2(2008), pp.169-183 (2008)
- [9] K.L. Koay, G. Latatos, D.S. Syrdal, M. Gácsi, B. Bereczky, K. Dautenhahn, A. Miklósi, and M. L. Walters: Hey! There is someone at your door. A Hearing Robot using Visual Communication Signals of Hearing Dogs to Communicate Intent, *In ALIFE*, pp.90-97 (2013)
- [10] J. Li: The nature of the bots: How people respond to robots virtual agents and humans as multimodal stimuli, *In ICMI*, pp.337-340 (2013)
- [11] J. Li and M. Chignell: Communication of emotion in social robots through simple head and arm movements, *International Journal of Social Robotics* 3, 2(2011), pp.125-142 (2011)
- [12] Á. Miklósi and M. Gácsi: On the utilization of social animals as a model for social robotics, *Frontiers in psychology*, 3(2012) (2012)
- [13] K. Nakagawa, M. Shiomi, K. Shinozawa, R. Matsumura, H. Ishiguro, and N. Hagita: Effect of robot's active touch on people's motivation, *In HRI*, pp.465-472 (2011)
- [14] D. H. Rintala, R. Matamoros, and L. L. Seitz: Effects of assistance dogs on persons with mobility or hearing impairments, *Journal of Rehabilitation Research and Development* 45, 4(2006), pp.489-504 (2006)
- [15] H. Tsuzuki, M. Kugler, S. Kuroyanagi, and A. Iwata: An Approach for Sound Source Localization by Complex-Valued Network, *IEICE Trans. Inf. & Syst. E96-D*, 10(2013), pp.2257-2265 (2013)
- [16] N. Yannier, A. Israr, J. F. Lehman, and R. L. Klatzky: Haptic Feedback to Enhance Early Reading, *In CHI*, pp.1015-1024 (2015)
- [17] M. Furuhashi, T. Nakamura, M. Kanoh, and K. Yamada: Touch-Based Information Transfer from a Robot Modeled on the Hearing Dog, *2015 IEEE International Conference on Fuzzy Systems* (2015)